

Note

« Gélifluxion néoglaciale dans une combe à neige à la limite des arbres, Québec nordique »

Serge Payette, Francis Boudreau et Réjean Gagnon

Géographie physique et Quaternaire, vol. 39, n° 1, 1985, p. 91-97.

Pour citer cette note, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/032588ar>

DOI: 10.7202/032588ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

GÉLIFLUXION NÉOGLACIAIRE DANS UNE COMBE À NEIGE À LA LIMITE DES ARBRES, QUÉBEC NORDIQUE

Serge PAYETTE, Francis BOUDREAU et Réjean GAGNON, respectivement Centre d'études nordiques et Département de phytologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4, ministère de l'Environnement du Québec, 2360, chemin Sainte-Foy, Québec, Québec G1V 4H2, et Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec G7H 2B1.

RÉSUMÉ Le versant oriental des cuestas littorales du golfe de Richmond (lac Guillaume-Delisle) présente des conditions d'enneigement contrastées reliées à la topographie. La végétation et les sols sont reliés à une chronoséquence engendrée par le relèvement isostatique et à une toposéquence mettant en relief l'enneigement et le déneigement des sites. Dans les dépressions topographiques importantes, le déneigement tardif favorise l'établissement d'une flore chionophile et l'incidence d'une gélifluxion en nappe. La datation radiocarbone des sols enfouis d'une grande combe à neige montre que la gélifluxion était active vers 3200-3000 BP, vers 2600-2400 BP et après 800 BP, plus particulièrement après 500-400 BP. Ces périodes correspondent à des épisodes froids et humides reconnus dans d'autres travaux. La chronologie ^{14}C de la gélifluxion dans la combe à neige étudiée couvre une partie seulement de l'éventail des périodes de gélifluxion enregistrées jusqu'à ce jour au Québec.

ABSTRACT *Neoglacial gelifluction in a snow bed at the tree-line (northern Québec).* The eastern slope of the littoral cuestas in the Richmond Gulf area (Lac Guillaume-Delisle) is characterized by a variety of snow conditions which are related to topography. The vegetation and the soils are related to a chronosequence associated with isostatic rebound, and to a toposequence associated with snow patterns. In large depressions, the late snowmelt is responsible for the development of a chionophilous flora and gelifluction. Radiocarbon dating of buried soils beneath a large snow bed showed that gelifluction was active around 3200-3000 BP, 2600-2400 BP, more particularly after 500-400 BP. These periods correspond to known cold and humid episodes during the late Holocene. This ^{14}C chronology based on gelifluction events within a single large snow bed covers only a part of the known spectrum of gelifluction periods that occurred in Québec.

INTRODUCTION

Les combes à neige forment des habitats particuliers de la toundra forestière et de la toundra arbustive du Québec nordique. En raison d'importantes accumulations de neige pendant l'hiver et d'une fonte généralement tardive au cours de la saison de croissance, ces habitats renferment une végétation chionophile, ainsi que des formes périglaciaires reliées à la gélifluxion. Ce processus est particulièrement actif à cause des conditions d'humidité excessive pendant la fonte, alors que la température du sol et de l'eau est légèrement au-dessus du point de congélation (JAHN, 1975). La partie superficielle du sol a tendance à fluer même le long de pentes faibles, enfouissant ainsi la surface des sols situés en aval. Grâce à l'analyse des sols enfouis et de la végétation actuelle et subfossile, il est possible de reconstituer la dynamique de ces habitats. Certains travaux écologiques et paléoécologiques effectués dans le Nord québécois ont montré que les combes à neige se sont formées lors des refroidissements climatiques des derniers millénaires (PAYETTE et LAJEUNESSE, 1980; FILION et PAYETTE, 1982). Elles se seraient développées aux dépens d'un couvert coniférien, forestier ou arbustif, détruit par des feux naturels survenus au cours d'épisodes froids.

De plus en plus de données sont disponibles sur la dynamique des combes à neige et des autres habitats qui leur sont apparentés où s'exerce la gélifluxion (BENEDICT, 1970,

1976; PRICE, 1974; WORSLEY et HARRIS, 1974; ALEXANDER et PRICE, 1980; PAYETTE et LAJEUNESSE, 1980; FILION et PAYETTE, 1982; De VERNAL *et al.*, 1983). Cependant, d'autres travaux sont nécessaires pour établir une chronologie globale de la dynamique des combes à neige en fonction de la gélifluxion. C'est dans cette perspective qu'a été entreprise l'analyse d'une grande combe à neige de la région du golfe de Richmond¹ (fig. 1). Ce site est représentatif des grandes combes à neige qui occupent le versant oriental des hautes terres bordières de la baie d'Hudson (H. Morin, en préparation), à proximité de la limite des arbres (PAYETTE et FILION, 1975). La texture grossière (essentiellement sables et graviers) du substrat de la combe à neige ajoute une caractéristique particulière, car la gélifluxion est généralement difficile à se produire dans un tel matériel et nécessite une humidité accrue et une basse température pendant une bonne partie de la saison de dégel.

LA RÉGION ÉTUDIÉE

La région étudiée se situe au golfe de Richmond, sur la côte orientale de la baie d'Hudson, entre les villages de Kuujuarapik et d'Inukjuak (fig. 1). Elle se caractérise du point de

1. N.D.L.R. L'hydronyme «golfe de Richmond» correspond au «lac Guillaume-Delisle» du *Répertoire toponymique du Québec*, 1978.

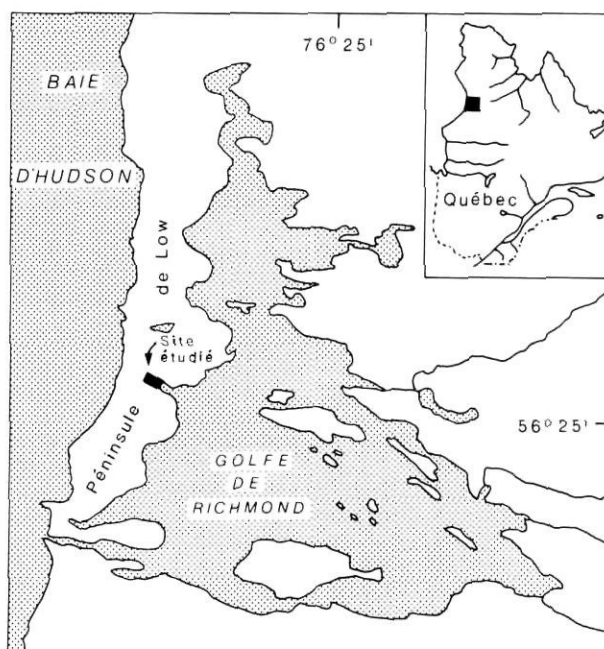


FIGURE 1 Localisation de la région étudiée.
Location map of the study area.

vue géologique par la présence de roches volcano-sédimentaires d'âge protérozoïque reposant à l'est sur les roches archéennes (WOODCOCK, 1960). L'ensemble du golfe de Richmond présente un alignement subparallèle de cuestas dont les revers s'inclinent vers la baie d'Hudson. Le golfe proprement dit est séparé de la baie d'Hudson par une grande cuesta (péninsule de Low), limitant l'effet réfrigérant de la mer à l'intérieur des terres. En raison d'un relief accidenté, le golfe de Richmond connaît différents climats exprimés par les types de végétation de la toundra forestière et de la toundra arbustive. La limite des arbres se situe vers 56°20'N le long de la mer, sur la péninsule de Low non loin du site étudié, alors que les basses terres du golfe, à la même latitude, sont couvertes de forêts relativement denses (PAYETTE et FILION, 1975).

La région a été déglacée vers 7500 BP et a été soumise à la transgression tyrrellienne (HILLAIRES-MARCEL, 1976). Les terrains submergés par la mer de Tyrrell se trouvent jusqu'à une altitude d'environ 250 m au-dessus du niveau marin actuel. La grande cuesta de la péninsule de Low est traversée de vallées structurales d'orientation ouest-est, où les sédiments marins et éoliens prédominent. Le profil longitudinal de ces vallées épouse aussi la forme de cuesta. C'est dans une de ces vallées, où se localisent de grandes combes à neige, que le présent travail a été effectué. En suivant l'orientation du relief des cuestas, les vents dominants de l'ouest et du nord-ouest transportent sur de grandes distances la neige qui se dépose principalement sur les versants orientés vers l'est, le nord-est et le sud-est, favorisant ainsi la présence des combes à neige.

Le site étudié occupe la partie supérieure d'une vallée qui se draine dans le golfe de Richmond. On y observe avec

l'altitude une succession de plages soulevées que domine un abrupt important occupé par la combe à neige. Sa partie supérieure donne sur un replat de terrasse marine dont les eaux sont drainées vers la baie d'Hudson. Ce replat, affecté par l'érosion éolienne (FILION, 1983), est à une altitude d'environ 115 m au-dessus du niveau marin actuel. Selon la courbe d'émersion des terres construite par HILLAIRES-MARCEL (1976), le replat aurait été exondé vers 5000 BP.

MÉTHODES

En raison de l'uniformité des dépôts de plage composant l'essentiel de la vallée depuis le littoral du golfe de Richmond jusqu'à la tête de la combe à neige située à proximité de la ligne de partage des eaux, la végétation et les sols ont été décrits en tenant compte de la chronoséquence associée au relèvement isostatique et de la toposéquence reliée au gradient d'enneigement. Les relevés de végétation ont été faits selon la méthode de BRAUN-BLANQUET (1932) au sein de quadrats de 2 m carrés (1 m × 2 m). Les sols ont été décrits et analysés selon les normes de la COMMISSION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE (1978). Sachant qu'en milieu exposé la hauteur moyenne du bouleau granduleux (*Betula glandulosa* Michx) indique l'épaisseur approximative de neige pendant l'hiver (PAYETTE et al., 1973), un transect de mesure de la hauteur moyenne des bouleaux a été établi dans la vallée; des observations sur les conditions d'enneigement ont permis de vérifier ces estimations et d'établir un profil d'enneigement de l'ensemble de la vallée (fig. 2).

Après une reconnaissance générale de la combe à neige, un emplacement a été choisi où l'on pouvait observer l'ensemble des ceintures végétales reliées au gradient de déneigement et aux conditions de drainage et de texture des sols. Un transect a par la suite été tracé depuis le sommet de la terrasse marine jusqu'à un site sableux localisé au-delà de la végétation chionophile et colonisé par une végétation lichénique, en passant à travers l'ensemble des ceintures végétales de la combe à neige. Le long de ce transect, la topographie a été mesurée et une liste floristique a été dressée au sein des diverses bandes végétales. Une tranchée de 51 m de longueur a été pratiquée afin de décrire les sols le long du transect. Les horizons de sol ont été relevés à tous les 50 cm. Un échantillon organique de surface et quatorze échantillons organiques enfouis ont été prélevés pour fin de datation radiocarbone. L'âge ^{14}C est basé sur la demi-vie de 5568 ans.

RÉSULTATS

VÉGÉTATION ET SOLS DE LA VALLÉE

Avec sa succession régulière de plages sableuses et graveleuses aboutissant à un abrupt de 20 m où est logée la combe à neige, la vallée renferme un ensemble de milieux à substrat relativement homogène et bien drainé recouverts d'une végétation de toundra arbustive. Les conditions écologiques de ces milieux varient en fonction du relèvement isostatique et d'un gradient d'enneigement-déenneigement (fig. 2). À cause du relèvement postglaciaire particulièrement important (environ 1 m/siècle selon HILLAIRES-MARCEL, 1976),

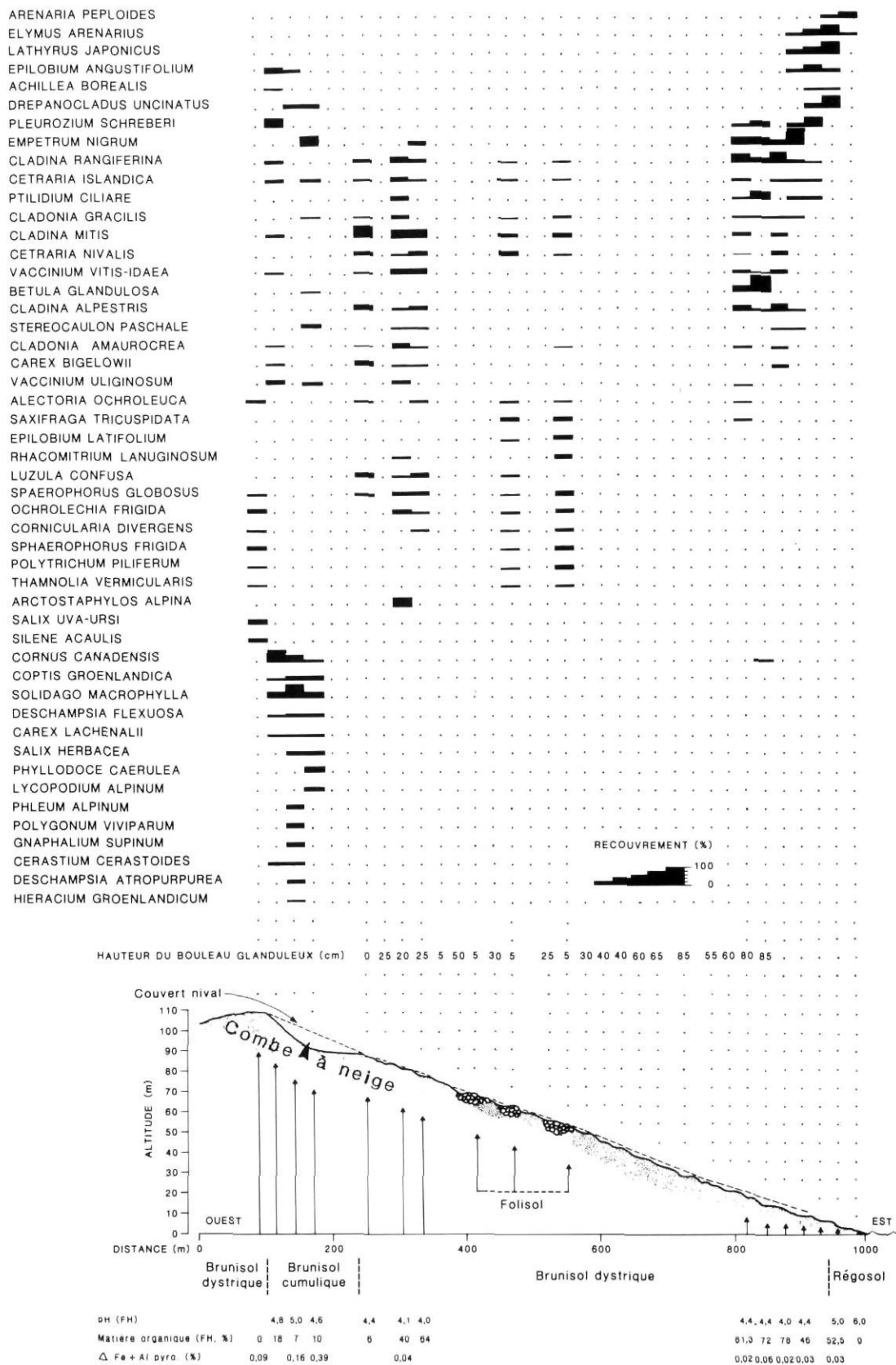


FIGURE 2. Toposéquence de la végétation et des sols de la vallée étudiée et conditions d'enneigement. Vegetation and soil toposéquence in the study area and snow conditions.

on observe un changement rapide de la végétation et des sols sur quelques mètres de distance. Depuis la ceinture discontinue d'*Arenaria peploides* colonisant les régosols de la plage actuelle jusqu'à l'établissement d'un couvert végétal continu auquel est associée la formation d'un sol, sur une distance d'environ 10 à 15 m, la succession écologique se serait faite au cours d'une période de 200 à 300 ans, selon l'hypothèse de FAIRBRIDGE et HILLAIRES-MARCEL (1977) quant à l'incidence d'un cycle de 45 ans pour la formation des cordons de plage. La succession écologique sur les sables de plage est illustrée à la figure 2 par le remplacement des principales espèces végétales et le développement du sol. Une bande à *Elymus* — *Lathyrus* sur régosol succède à la bande à *Arenaria*. Avec l'introduction progressive des mousses, des arbustes et des lichens, le couvert végétal devient continu et un brunisol dystrique se développe. Après un stade à *Empetrum nigrum* où s'établissent davantage les lichens, une végétation xérophile représentée principalement par les *Cladina* — *Betula glandulosa* — éricacées recouvre l'ensemble des pentes exposées du bas-versant de la vallée. Dans les creux joignant les cordons exposés où la neige est plus abondante, le bouleau glanduleux est plus haut (fig. 2) et occupe plus d'espace. La présence de *Cornus canadensis* est aussi associée à ces conditions de protection où le couvert de neige atteint entre 50 cm et 1 m d'épaisseur. La différence de concentration d'Al et de Fe-pyro entre les horizons Bm et C de ces sols n'est que de 0,08%, indiquant ainsi une faible pédogenèse podzolisante (fig. 2). Les cordons de plage constitués uniquement de graviers et de cailloux renferment une végétation xérophile clairsemée où les lichens, *Epilobium latifolium* et *Saxifraga tricuspidata*, prédominent. La végétation xérophile du haut de la vallée, non loin de la combe à neige, est davantage exposée que celle du bas-versant. La neige s'accumule peu dans ces sites et les rares bouleaux ne dépassent pas 20 cm de hauteur. Les espèces les mieux adaptées à ces milieux sont, entre autres, *Cladina mitis*, *Cetraria nivalis*, *Carex bigelowii* et *Sphaerophorus globosus* (fig. 2). En raison de l'âge plus avancé de la surface des cordons de plage de cette section, les brunisols dystriques sont morphologiquement plus développés, mais la $\Delta\text{Fe} + \text{Al-pyro}$ entre les horizons Bm et C est de 0,10%.

VÉGÉTATION ET SOLS DE LA COMBE À NEIGE

L'abrupt occupé par la combe à neige est assez étendu pour favoriser une forte accumulation de neige. Au cours de l'hiver, le profil du haut-versant de la vallée est en grande partie uniformisé par le couvert nival. D'après le tracé du profil topographique et la distribution de la végétation chionophile, l'épaisseur moyenne de neige serait d'environ 4-4,5 m dans la partie centrale de la combe à neige (fig. 2 et 3) au moment de la saturation topographique nivale. Des mesures indépendantes au cours d'un hiver ont indiqué que le couvert de neige dépassait largement 3 m d'épaisseur.

La végétation de la combe à neige se répartit en bandes distinctes associées au déneigement pendant la saison de croissance. La flore de la combe à neige est particulièrement diversifiée et est certainement la plus riche de tous les habitats sableux de la vallée (fig. 2). Les bandes végétales où dominent

Salix herbacea et *Solidago macrophylla* sont les plus enneigées et les plus tardivement déneigées (figs. 2 et 3). Les bandes à *Cornus canadensis* bordant de part et d'autre les bandes à *Salix herbacea* et à *Solidago macrophylla* constituent les extrémités supérieure et inférieure de la combe à neige (fig. 3). Au-delà de ces bandes, la végétation se caractérise par un assemblage floristique caractéristique des milieux exposés et déneigés. Une végétation dominée par *Arctotaphylos alpina*, *Salix uva-ursi*, *Silene acaulis* et *Thamnolia vermicularis* occupe les sites très exposés du haut-versant de la vallée et illustre le fort contraste des conditions hivernales qui prévalent à quelques mètres seulement de la combe à neige (fig. 2 et 3).

La tranchée pratiquée dans la combe à neige (fig. 3) montre que les sols sont très perturbés. Ces sols présentent une succession de lits organiques et de strates de sables et de graviers développée à partir d'anciens brunisols dystriques dégradés. De la partie supérieure de la combe à neige jusqu'en aval, on note l'enfouissement d'un sol entre les mètres 51 et 47, une absence de pédogenèse (entre les mètres 47 et 35), vraisemblablement reliée à la descente des matériaux et à leur accumulation entre les mètres 35 et 29 et, enfin, une succession de lobes de gélifluxion dont les terminus se situent respectivement aux mètres 29, 20-19, 11 et 4. Le tablier des lobes a respectivement une longueur décroissante de 10, 8 et 6 m, probablement reliée au rééquilibrage du profil topographique en fonction des pentes; l'alternance des strates organiques et minérales suggère l'incidence d'une gélifluxion en nappe.

L'enfouissement des horizons organiques par la gélifluxion est particulièrement évident (fig. 3). La gélifluxion s'exerce sur une tranche de sol qui ne dépasse généralement pas 25-30 cm d'épaisseur à partir de la surface. Le lobe situé entre les mètres 35 et 29 diffère des autres à ce chapitre, car les sédiments géliflués se sont accumulés sur une épaisseur variant entre 50 et 100 cm. D'après les dates ^{14}C de la matière organique enfouie, les principales périodes de gélifluxion enregistrées par les sols de la combe à neige se situent respectivement autour de 3200-3000 BP, de 2600-2400 BP et après 800 BP (fig. 3 et 4). Les deux plus anciennes périodes de gélifluxion ont affecté l'ensemble des sols de la combe à neige, alors que la période postérieure à 800 BP n'a été observée que dans la partie la plus enneigée entre les mètres 35 et 22; cependant, l'allure des horizons organiques enfouis suggère que la gélifluxion de cette dernière période a pu influencer les sols jusqu'au mètre 12.

DISCUSSION

L'ensemble des habitats de la vallée étudiée se caractérise par des conditions écologiques déterminées par un substrat bien à excessivement drainé, supportant généralement une végétation xérophile et mésophile basse, voire rase, dont la composition est reliée à l'importance et à la durée du couvert de neige (fig. 2). Ces conditions souvent contrastées sont bien exprimées par la végétation retrouvée dans la combe à neige et ses abords (figs. 2 et 3). De plus, en raison d'une bonne disponibilité en eau provenant de la fonte de la neige,

les sols de la combe à neige présentent des valeurs de pédogenèse plus élevées que celles des sites avoisinants (fig. 2).

Grâce à un dénivelé d'environ 20 m, la neige peut s'accumuler sur une épaisseur avoisinant les 4-4,5 m, tel qu'indiqué par le profil de neige (fig. 3). L'humidité provenant de la fonte de neige ainsi que l'inclinaison des parties centrale et aval de la combe à neige ont favorisé à la fois une gélifluxion en nappe et en lobes (fig. 3). La gélifluxion en nappe est parti-

culièrement importante entre les mètres 29 et 5 (fig. 3) et est typique des régions à climat maritime (JAHN, 1975).

L'interprétation des dates ^{14}C provenant de matières organiques enfouies par la gélifluxion ou d'autres agents perturbateurs doit tenir compte de plusieurs facteurs, déjà signalés ailleurs (WORSLEY et HARRIS, 1974; STUCKENRATH *et al.*, 1979; ALEXANDER et PRICE, 1980; MATTHEWS, 1984), et qui font intervenir le concept d'âge apparent (GEYH *et al.*,

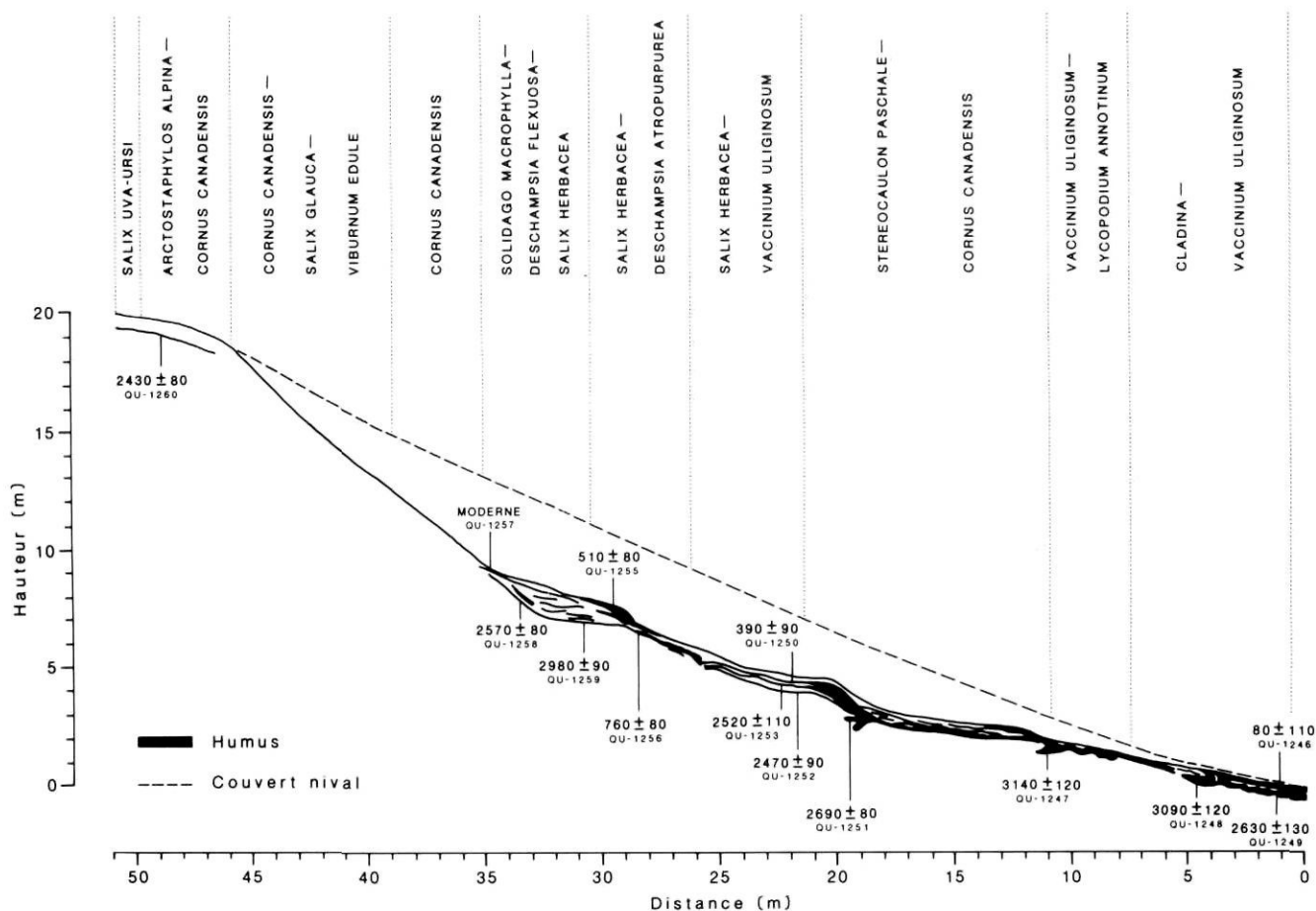


FIGURE 3. Végétation et sols enfouies (dates ^{14}C) de la combe à neige étudiée (le tireté correspond à l'épaisseur probable du couvert de neige).

Vegetation and buried soils (^{14}C dates) of the snow bed (the dashed line represents the probable thickness of the snow cover).

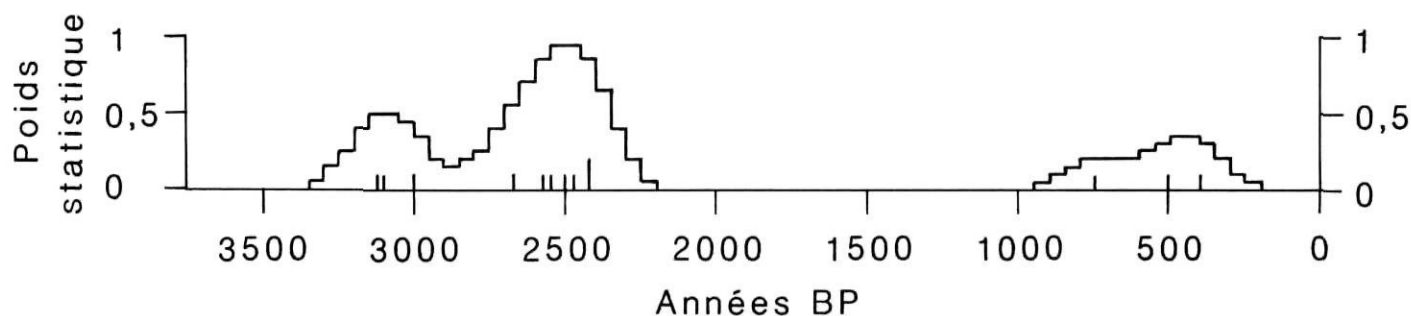


FIGURE 4. Histogramme des poids statistiques des dates ^{14}C des sols enfouies (traitement statistique selon la méthode proposée par OCCHIETTI et HILLAIRES-MARCEL, 1977).

Statistical weight histogram of ^{14}C dates from buried soils, using statistical method from OCCHIETTI and HILLAIRES-MARCEL (1977).

1971; SHARPENSEEL, 1971; MARTEL et LASALLE, 1977; BROWN et MARTEL, 1981). La matière organique datée par le radiocarbone provient d'anciens horizons organiques de surface de la combe à neige. Ces horizons faisaient partie de sols normalement constitués à l'époque de l'enfouissement. Ils formaient des horizons de surface provenant de la végétation contemporaine de la gélifluxion et de restes décomposés depuis un certain temps; en conséquence, ils avaient un âge apparent équivalant au temps de résidence moyen de toute la matière organique composant chaque horizon. En supposant que les conditions écologiques générales présidant à la pédogenèse étaient sensiblement les mêmes au cours des derniers millénaires, il est possible d'évaluer leur âge apparent en tenant compte de celui des horizons organiques modernes. Un âge ^{14}C de 80 ± 110 BP a été obtenu pour l'horizon organique de surface situé au mètre 1 (fig. 3). D'autres résultats de datation radiocarbone d'horizons organiques de surface de régions alpines et boréales ont été publiés ailleurs et indiquent des âges variant entre l'actuel et ca 385 BP (BENEDICT, 1966; TAMM et HOLMEN, 1967; ØSTREM, 1965; PAUL *et al.*, 1964; ALEXANDER et PRICE, 1980). À cause de la variabilité des âges ^{14}C des horizons de surface, on peut affirmer que les dates ^{14}C des horizons organiques enfouis reflètent à une ou quelques centaines d'années BP près l'époque de l'enfouissement, à condition que ces matériaux n'aient pas été rajeunis ultérieurement par la percolation d'humus en provenance de la surface du sol actuel. Cette condition semble remplie dans le cas de la combe à neige étudiée, car on observe au mètre 1 (fig. 3) un horizon organique enfoui sous quelques centimètres d'épaisseur de sable dont l'âge de 2630 ± 130 BP diverge fortement de celui de la surface (80 ± 110 BP). Il semble donc que les horizons organiques enfouis soient inertes au point de vue pédogénétique. En tenant compte de la marge d'erreur reliée à l'âge apparent de la matière organique, de l'ordre de 0 à ca 300-400 BP, on peut conclure que la gélifluxion s'est exercée vers 3200-3000 BP, vers 2600-2400 BP et après 800 BP, plus particulièrement après 500-400 BP (fig. 4). En cumulant le poids statistique d'un nombre élevé de dates ^{14}C , il est ainsi possible de situer approximativement l'époque d'incidence de la gélifluxion à partir d'échantillons composites.

La gélifluxion s'est manifestée non seulement dans l'ensemble de la combe à neige au cours des deux plus anciennes périodes, mais semble avoir débordé l'aire occupée actuellement par la végétation chionophile. Il n'est cependant pas possible d'affirmer que la combe à neige s'étalait sur une plus grande surface au cours de ces périodes. Par ailleurs, aucun signe de gélifluxion n'a été noté entre 2400 BP et ca 800 BP, alors que des mouvements importants ont été rapportés dans d'autres régions du Québec entre 2000 et 1000 BP (PAYETTE et LAJEUNESSE, 1980; De VERNAL *et al.*, 1983; PAYETTE et BOUDREAU, 1984; H. Morin, en préparation). On ne connaît pas pour l'instant les causes de l'absence de gélifluxion au cours de cette longue période. Dans cette perspective, on ne peut préciser pour le moment l'impact écologique qu'aurait pu avoir le climat plus sec et plus froid de cette période au niveau local, comme l'a récemment souligné FILION (1984). Le problème à élucider est de préciser

les conditions géomorphologiques et écologiques responsables de la gélifluxion. Selon les données disponibles à l'heure actuelle, la gélifluxion aurait été amorcée au sein d'un substrat non pergélisolé, saturé en eau au cours d'une longue période au printemps et au début de l'été, alors que la température de la tranche du sol soumise au mouvement était à peine au-dessus du point de congélation. Ainsi, les périodes de gélifluxion correspondent vraisemblablement à des printemps et des étés tardifs dans des sites surenneigés, où la fonte est prolongée.

Les périodes de gélifluxion enregistrées dans la combe à neige correspondent à des épisodes froids et humides rapportées dans l'ensemble de l'hémisphère nord (LAMB, 1977). En raison des conditions particulières du site étudié, seules quelques périodes de gélifluxion reconnues après 5000 BP se sont manifestées dans les sols enfouis de la combe à neige. Le prélèvement d'un plus grand nombre d'échantillons de sols enfouis est nécessaire afin de préciser la chronologie détaillée de la gélifluxion de la région du golfe de Richmond. Le présent travail constitue une étape dans l'élaboration de cette chronologie.

REMERCIEMENTS

Nous remercions d'une manière toute particulière l'aide fournie par Camille Choquette lors de la mission de terrain. Nous sommes redevables à MM. Louis Barrette, Richard Morasse et Pierre LaSalle du Laboratoire de géochronologie du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec pour la datation radiocarbone des échantillons organiques. Ce travail a été réalisé grâce à une subvention du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et du ministère de l'Éducation du Québec (programme FCAC). Ivan Grenier a confectionné les figures.

RÉFÉRENCES

- ALEXANDER, C. S. et PRICE, L. W. (1980): Radiocarbon dating of the rate of movement of two solifluction lobes in the Ruby Range, Yukon Territory, *Quaternary Research*, 13: 365-379.
- BENEDICT, J. B. (1966): Radiocarbon dates from a stone-banked terrace in the Colorado Rocky Mountains, U.S.A., *Geografiska Annaler*, 48(A): 24-31.
- (1970): Downslope soil movement in a Colorado alpine region: rates, processes, and climatic significance, *Arctic and Alpine Research*, 2: 165-226.
- (1976): Frost creep and gelifluction: a review, *Quaternary Research*, 6: 55-76.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1932): *Plant Sociology: The Study of Plant Communities*. New York. McGraw-Hill. 439 p.
- BROWN, J. L. et MARTEL, Y. (1981): Intérêt des chablis dans l'étude des paléosols, *Géographie physique et Quaternaire*, 35: 87-92.
- COMMISSION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE (1978): *Le système canadien de classification des sols*, Direction de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa. Ontario, 170 p.
- De VERNAL, A., MATHIEU, C. et GANGLOFF, P. (1983): Analyse stratigraphique d'un lobe de gélifluxion des Torngats centrales, Labrador, *Géographie physique et Quaternaire*, 37: 205-210.

- FAIRBRIDGE, R. W. et HILLAIRE-MARCEL, C. (1977): An 8000-yr paleoclimatic record of the Double-Hale 45-year solar cycle, *Nature*, 268: 413-416.
- FILION, L. (1983): *Dynamique holocène des systèmes éoliens et signification paléoclimatique (Québec nordique)*, thèse PH.D., Université Laval, Québec, 123 p.
- (1984): A relationship between dunes, fire and climate recorded in the Holocene deposits of Québec, *Nature*, 309: 543-546.
- FILION, L. et PAYETTE, S. (1982): Régime nival et végétation chionophile à Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec, *Naturaliste canadien*, 109: 557-571.
- GEYH, M. A., BENZLER, J. H. et ROESCHMANN, G. (1971): Problems of dating Pleistocene and Holocene soils by radiometric methods, in *Paleopedology, origin, nature and dating of paleosols*, D. H. Yaalon, éditeur, International Society Soil Science and Israel University Press, Jérusalem, p. 63-75.
- HILLAIRE-MARCEL, C. (1976): La déglaciation et le relèvement isostatique sur la côte est de la Baie d'Hudson, *Cahiers de géographie de Québec*, 20: 185-220.
- JAHN, A. (1975): *Problems of the Periglacial Zone (Zagadnienia Strefy peryglacjalnej)*, Polish Scientific Publishers, Varsovie, 223 p.
- LAMB, H. H. (1977): *Climate: present, past and future, vol. 2: Climatic history and the future*, Methuen, Londres, 835 p.
- MARTEL, Y. et LASALLE, P. (1977): La datation au radiocarbène de la matière organique de quelques sols du Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 373-378.
- MATTHEWS, J. A. (1984): Limitations of ¹⁴C dates from buried soils in reconstructing glacier variations and Holocene climate, in *Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis*, N.-A. Mörner et W. Karlén, éditeurs, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, p. 281-290.
- OCCHIETTI, S. et HILLAIRE-MARCEL, C. (1977): Chronologie ¹⁴C des événements paléogéographiques du Québec depuis 14000 ans, *Géographie physique et Quaternaire*, 31: 123-133.
- ØSTREM, G. (1965): Problems of dating ice cored moraines, *Geografiska Annaler*, 47(A): 1-38.
- PAUL, E. A., CAMPBELL, C. A., RENNIE, D. A. et McCALLUM, J. K. (1964): Investigations on the dynamics of soil humus utilizing carbon dating techniques, *Transactions, 8th International Congress Soil Science*, Bucarest, 3: 201-207.
- PAYETTE, S. et BOUDREAU, F. (1984): Évolution postglaciaire des hauts sommets alpins et subalpins de la Gaspésie, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21: 319-335.
- PAYETTE, S. et FILION, L. (1975): Écologie de la limite septentrionale des forêts maritimes, Baie d'Hudson, Nouveau-Québec, *Naturaliste canadien*, 102: 783-802.
- PAYETTE, S. et LAJEUNESSE, R. (1980): Les combes à neige de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec): indicateurs paléoclimatiques holocènes, *Géographie physique et Quaternaire*, 34: 209-220.
- PAYETTE, S., FILION, L. et OUZILLEAU, J. (1973): Relations neige-végétation dans la toundra forestière du Nouveau-Québec, Baie d'Hudson, *Naturaliste canadien*, 100: 493-508.
- PRICE, L. W. (1974): The developmental cycle of solifluction lobes, *Annals of American Geographers*, 64: 430-438.
- SCHARPENSEEL, H. W. (1971): Radiocarbon dating of soils — problems, troubles, hopes, in *Paleopedology, origin nature and dating of paleosols*, D. H. Yaalon, éditeur, International Society Soil Science and Israel University Press, Jérusalem, p. 77-81.
- STUCKENRATH, R., MILLER, G. H. et ANDREWS, J. T. (1979): Problems of radiocarbon dating Holocene organic-bearing sediments, Cumberland Peninsula, Baffin Island, N.W.T., Canada, *Arctic and Alpine Research*, 11: 109-120.
- TAMM, C. O. et HOLMEN, H. (1967): Some remarks on soil organic matter in Swedish podzol profiles, *Meddelelser fra det Norske Skogfors*, 23: 67-88.
- WOODCOCK, J. R. (1960): Geology of the Richmond Gulf area, New Québec, *Proceedings of the Geological Association of Canada*, p. 22-39.
- WORSLEY, P. et HARRIS, C. (1974): Evidence for neoglacial solifluction at Okstindan, north Norway, *Arctic*, 27: 128-144.